

рошковых компонентов в барабане планетарной мельницы с этиловым спиртом и поливинилбутиральным связующим. Измерения проводились методом импедансной спектроскопии на электрохимических ячейках с симметрично расположенными электродами на $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}$ (SDC) электролите. Electrodes were made in the form of single- or two-layered coatings with functional (LNO) and without collector (LNF) layers with a total mass of 45-75 mg/cm². It is shown that the method of LNO synthesis (two-stage solid phase method (S), Pechini (P) and nitrate burning (C)) and the temperature of formation influence the contact and polarization resistance of the functional layer. It is also considered the influence of the collector porosity (LNF obtained by solid phase method and Pechini method) on the layer resistance and electrochemical characteristics of the two-layered electrode. The use of LNF collector significantly reduces the contact resistance due to the better distribution of the current along the surface of the electrode (33 Ω cm² without collector and 25 Ω cm² with collector at 700°C). The minimum ASR value (0.23 Ω cm² at 700°C) was obtained for a two-layered electrode with a functional layer of LNO, prepared by the nitrate burning method, with LNF collector, prepared by the Pechini method.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Свердловской области (проекты №№13-03-96098 p_ural_a, 14-03-00414_a).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХСЛОЙНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННОГО НИКЕЛАТА ЛАНТАНА В КОНТАКТЕ С $\text{BaCe}_{0.89}\text{Gd}_{0.1}\text{Cu}_{0.01}\text{O}_3$ ЭЛЕКТРОЛИТОМ

*Хасанов А.Ф.⁽¹⁾, Кольчугин А.А.⁽²⁾, Пикалова Е.Ю.^(1,2), Бронин Д.И.^(1,2),
Богданович Н.М.⁽²⁾, Плаксин С.В.⁽²⁾*

⁽¹⁾ Уральский федеральный университет
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

⁽²⁾ Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН
620137, г. Екатеринбург, ул. Академическая, д. 20

Слоистый никелат лантана $\text{La}_2\text{NiO}_{4+\delta}$ (LNO) интересен для применения в качестве катода твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) как материал, обладающий высокими значениями коэффициента поверхностного обмена и коэффициента диффузии за счет междоузельного кислорода. С целью повышения электронной проводимости используют замещение LNO в позицию La катионами щелочноземельных элементов. Данные материалы разрабатывались нами ранее в каче-

стве катодов кислород-ионных ТОГЭ. В данной работе проведено сравнительное исследование электрохимических свойств двухслойных композитных катодов на основе LNO и $\text{La}_{1.7}\text{Me}_{0.3}\text{NiO}_{4+\delta}$ (LMeNO, где Me=Ca, Ba, Sr) в контакте с $\text{BaCe}_{0.89}\text{Gd}_{0.1}\text{Cu}_{0.01}\text{O}_3$ (BCGCu) протон-проводящим электролитом. В качестве керамического компонента композитного катода наряду с BCGCu использовали твердый электролит $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{1.9}$ (SDC), обладающий высокой кислород-ионной проводимостью в данном интервале температур.

Материалы LNO, LMeNO, LNF, $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ (LSM), SDC и BCGCu были получены керамическим методом. Для функционального слоя электродов были выбраны композиции 50%LMeNO+50%BCGCu и 50%LMeNO+50%SDC. Метод РФА применяли как для аттестации исходных компонентов, так и для исследования взаимодействия их в композите после припекания функционального слоя. В качестве коллекторного слоя для электродов были использованы два состава – 98 мас.% LNF + 2 мас.% CuO (для композиций с SDC) и 99.4 мас.% LSM + 0.6 мас.% $\text{CuO}_{\text{нано}}$, имеющие высокую электропроводность и хорошее совпадение по ТКЛР с функциональными слоями и BCGCu электролитом.

Измерение поляризационного сопротивления производили на электрохимических ячейках с симметрично нанесенными двухслойными электродами методом импедансной спектроскопии. Установлено, что независимо от состава LNO-компоненты, использование в композитном электроде BCGCu приводит к улучшению контактной проводимости. Лучшие характеристики были получены для LBNO+BCGCu электрода, для которого при 700°C контактная проводимость составляет 13.3×10^3 См/см. Значения поляризационного сопротивления для LBNO+BCGCu электрода при данной температуре 0.62 Ом см². Щелочно-земельный элемент в LMeNO оказывает незначительное влияние на поляризационные и контактные характеристики электродов с SDC компонентой. Однако, по сравнению с чистым LNO прослеживается улучшение поляризационной проводимости (LNO < LCNO < LSNO < LBNO), что, скорее всего связано со снижением взаимодействия с SDC в композитном электроде при допировании, особенно при увеличении радиуса допанта, что снижает возможность его растворения в решетке флюорита SDC.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Свердловской области (проекты №№13-03-96098 п. урал а, 14-03-00414 а) и Министерства Образования и Науки Российской Федерации (Мега-грант 14.Z50.31.0001)